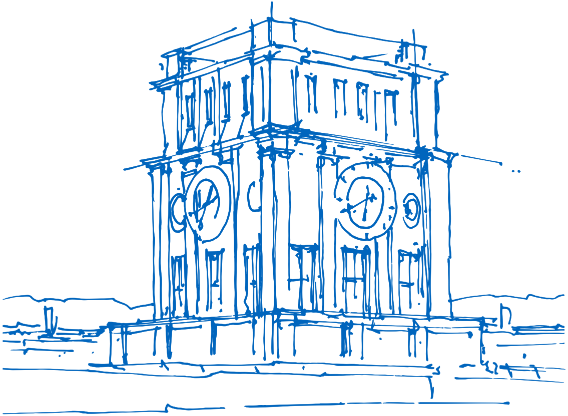
Übung 13: SAT & Physical Design

Einführung in die Rechnerarchitektur

Michael Morandell

School of Computation, Information and Technology
Technische Universität München

27. – 31. Januar 2025



Mitschriften & Infos

Montags:
https://zulip.in.tum.de/#narrow/stream/2668-ERA-Tutorium—Mo-1000-4

Donnerstags:
https://zulip.in.tum.de/#narrow/stream/2657-ERA-Tutorium—Do-1200-2

Website: https://home.in.tum.de/ momi/era/

Keine Garantie für die Richtigkeit der Tutorfolien.

Bei Unklarheiten/Unstimmigkeiten haben VL/ZÜ-Folien recht!

Inhaltsübersicht

- Wiederholung
- Tutorblatt
  - Verifikation (SAT)
  - Ministerium für Alberne Gangarten
  - Single-Net Routing

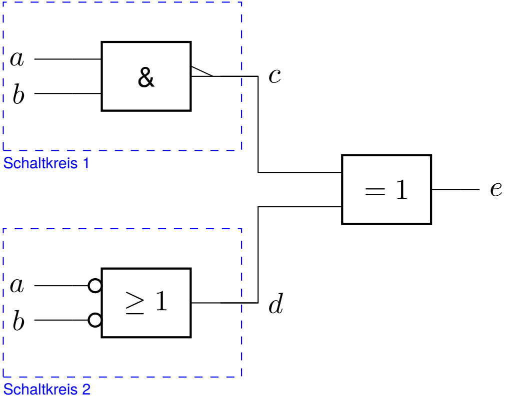
SAT

- Satisfiability $\rightarrow$ Erfüllbarkeit einer boolschen Funktion feststellen
- moderne Solver können sichere Aussage über SAT/UNSAT treffen, ohne alle Variablenbelegungen durchzuprobieren $\rightarrow$ einigermaßen effizient lösbar[1]
- DPLL und Konfliktgraphen nicht mehr relevant für ERA
- Formulierung als KNF (Konjunktive Normalform, CNF): OR in den Klammern, AND dazwischen, z.B.:

$$(x_1 + x_2 + x_3) \cdot (\overline{x}_2 + x_4 + x_5) \cdot (\overline{x}_1 + x_3 + \overline{x}_5)$$

[1] SAT ist und bleibt aber trotzdem NP-vollständig :)

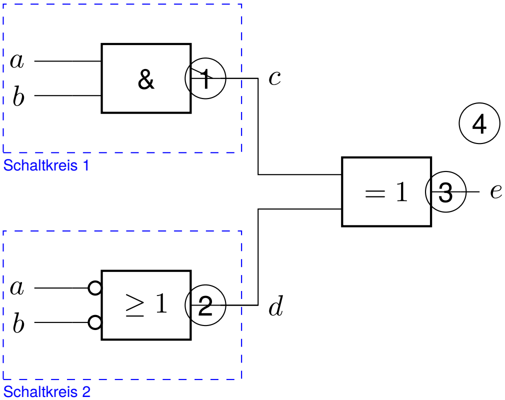
SAT: Schaltkreisäquivalenz



c	d	$e = c \oplus d$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

- existiert eine Belegung von a, b, sodass $e = 1$, dann sind die beiden Schaltkreise für diese Belegung nicht äquivalent
- eine solche Schaltung heißt Miter
- KNF kann durch Tseitin-Transformation aufgestellt werden

Einschub: Tseitin-Transformation



1. $\overline{(a \wedge b)} \leftrightarrow c \ \wedge$
2. $(\overline{a} \vee \overline{b}) \leftrightarrow d \ \wedge$
3. $(c \oplus d) \leftrightarrow e \ \wedge$
4. e

nach Umformung zu KNF und Berechnung mittels eines SAT-Solvers erhalten wir `UNSAT`, die Schaltkreise sind also äquivalent

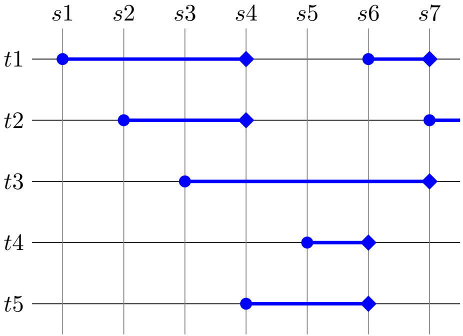
SAT: Registerallokation

```
s1: t1 = 1
s2: t2 = 5
s3: t3 = 7
s4: t5 = t1 + t2
s5: t4 = t3 + t5
s6: t1 = t4 + t5
s7: t2 = t1 + t3
```

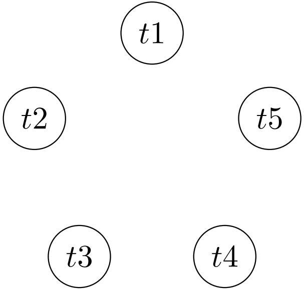
	$s1$	$s2$	$s3$	$s4$	$s5$	$s6$	$s7$
$t1$							
$t2$							
$t3$							
$t4$							
$t5$							

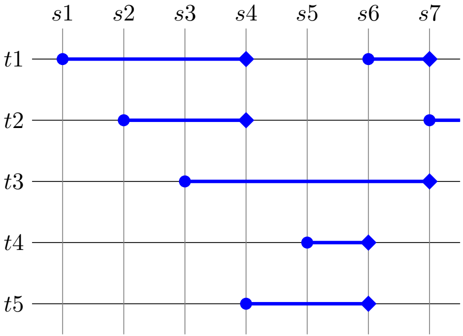
SAT: Registerallokation

```
s1: t1 = 1
s2: t2 = 5
s3: t3 = 7
s4: t5 = t1 + t2
s5: t4 = t3 + t5
s6: t1 = t4 + t5
s7: t2 = t1 + t3
```

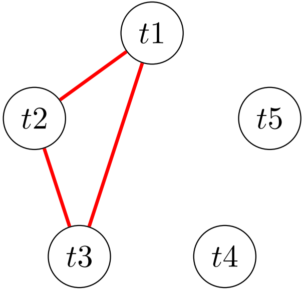


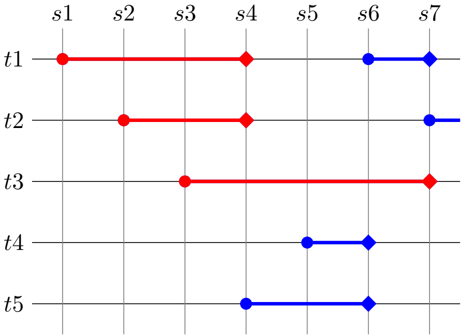
SAT: Registerallokation



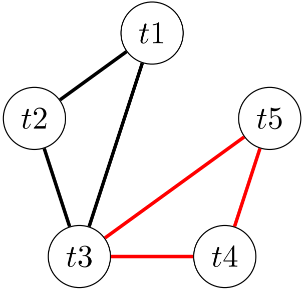


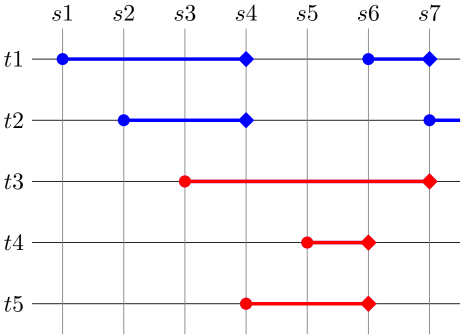
SAT: Registerallokation



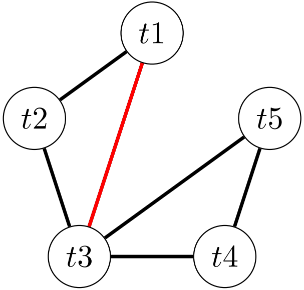


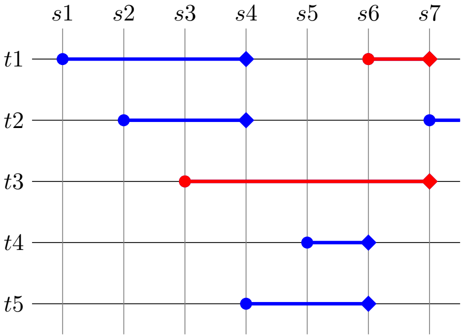
SAT: Registerallokation



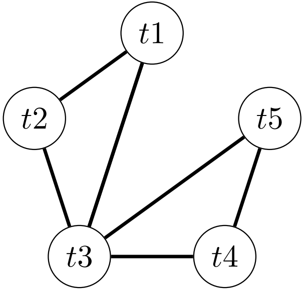


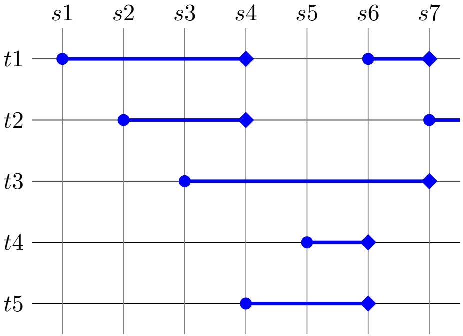
SAT: Registerallokation



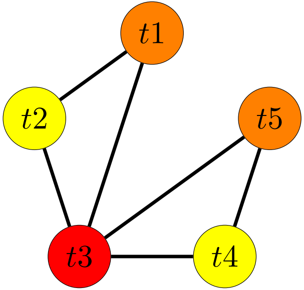


SAT: Registerallokation



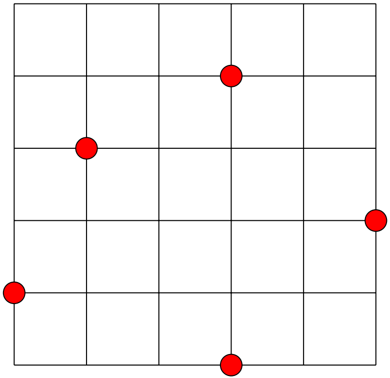


SAT: Registerallokation



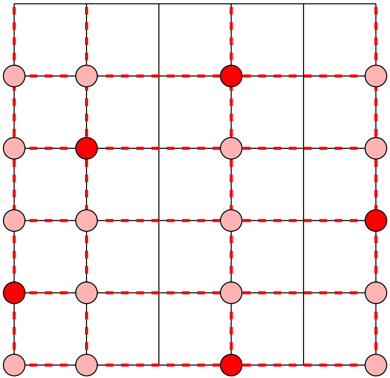
- In Register ● $a0$: $t2, t4$
- In Register ● $a1$: $t1, t5$
- In Register ● $a2$: $t3$

Single-Net Routing



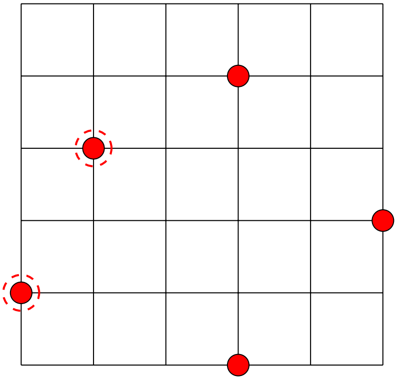
- Ziel: Verbindung von Terminalen mit kürzesten Pfaden
- rektilinear (geradlinig): nur horizontale/vertikale Verbindungen

Single-Net Routing



- Hanan-Punkte: mögliche Steinerknoten (Abzweigungen im Steinerbaum)
- Schnittpunkte von Geraden durch Terminalknoten
- Reduziert Menge an Abzweigungspunkten, die betrachtet werden müssen

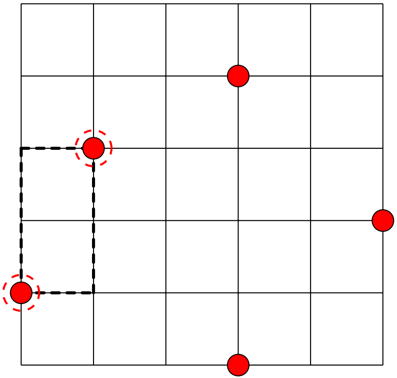
Single-Net Routing



Konstruktion des Steinerbaums:

1. Finde Terminale mit minimaler Manhatten-Distanz

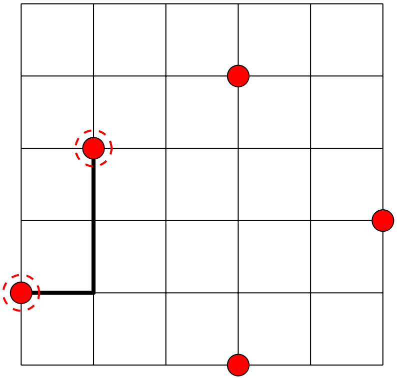
Single-Net Routing



Konstruktion des Steinerbaums:

1. Finde Terminale mit minimaler Manhatten-Distanz
2. Konstruiere die kürzesten Verbindungen (bounding box)

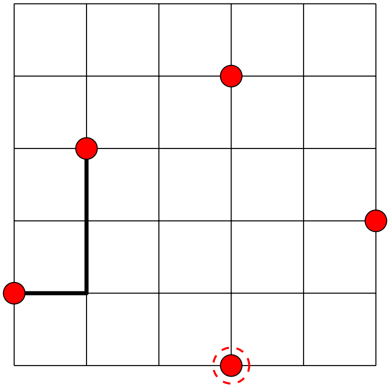
Single-Net Routing



Konstruktion des Steinerbaums:

1. Finde Terminale mit minimaler Manhatten-Distanz
2. Konstruiere die kürzesten Verbindungen (bounding box)
3. Wähle die Verbindung, welche den geringsten Abstand zu einem der anderen Terminalknoten hat

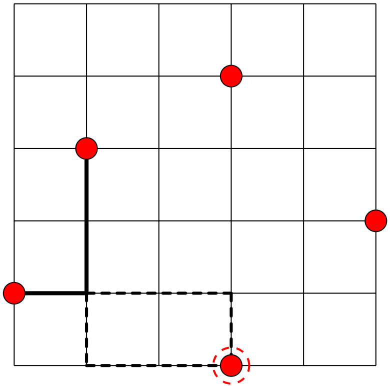
Single-Net Routing



Konstruktion des Steinerbaums:

1. Finde Terminale mit minimaler Manhatten-Distanz
2. Konstruiere die kürzesten Verbindungen (bounding box)
3. Wähle die Verbindung, welche den geringsten Abstand zu einem der anderen Terminalknoten hat
4. Finde Terminale mit minimaler Manhatten-Distanz zur konstruierten Verbindung und fahre mit Schritt 2 fort

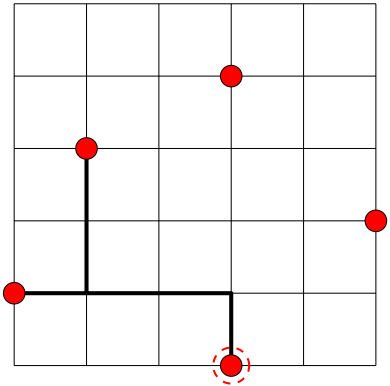
Single-Net Routing



Konstruktion des Steinerbaums:

1. Finde Terminale mit minimaler Manhatten-Distanz
2. Konstruiere die kürzesten Verbindungen (bounding box)
3. Wähle die Verbindung, welche den geringsten Abstand zu einem der anderen Terminalknoten hat
4. Finde Terminale mit minimaler Manhatten-Distanz zur konstruierten Verbindung und fahre mit Schritt 2 fort

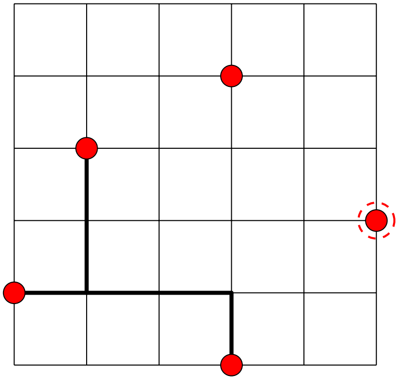
Single-Net Routing



Konstruktion des Steinerbaums:

1. Finde Terminale mit minimaler Manhatten-Distanz
2. Konstruiere die kürzesten Verbindungen (bounding box)
3. Wähle die Verbindung, welche den geringsten Abstand zu einem der anderen Terminalknoten hat
4. Finde Terminale mit minimaler Manhatten-Distanz zur konstruierten Verbindung und fahre mit Schritt 2 fort

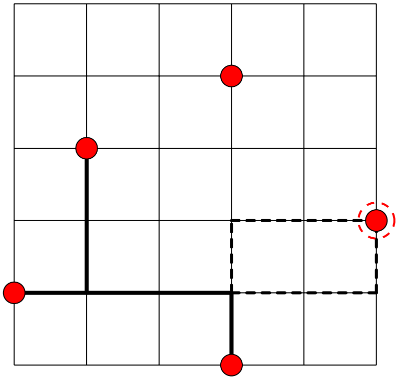
Single-Net Routing



Konstruktion des Steinerbaums:

1. Finde Terminale mit minimaler Manhatten-Distanz
2. Konstruiere die kürzesten Verbindungen (bounding box)
3. Wähle die Verbindung, welche den geringsten Abstand zu einem der anderen Terminalknoten hat
4. Finde Terminale mit minimaler Manhatten-Distanz zur konstruierten Verbindung und fahre mit Schritt 2 fort

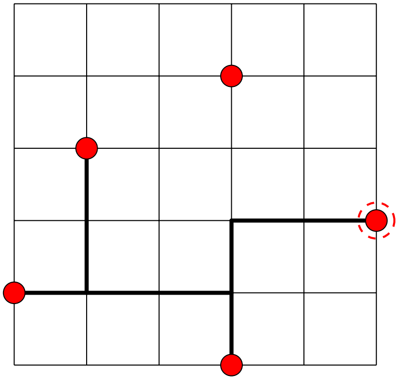
Single-Net Routing



Konstruktion des Steinerbaums:

1. Finde Terminale mit minimaler Manhatten-Distanz
2. Konstruiere die kürzesten Verbindungen (bounding box)
3. Wähle die Verbindung, welche den geringsten Abstand zu einem der anderen Terminalknoten hat
4. Finde Terminale mit minimaler Manhatten-Distanz zur konstruierten Verbindung und fahre mit Schritt 2 fort

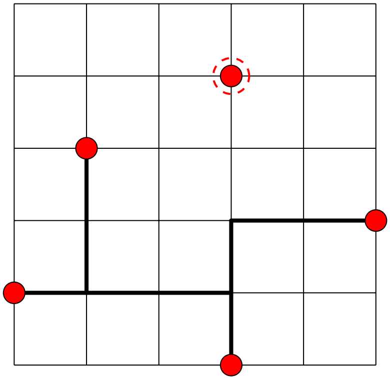
Single-Net Routing



Konstruktion des Steinerbaums:

1. Finde Terminale mit minimaler Manhatten-Distanz
2. Konstruiere die kürzesten Verbindungen (bounding box)
3. Wähle die Verbindung, welche den geringsten Abstand zu einem der anderen Terminalknoten hat
4. Finde Terminale mit minimaler Manhatten-Distanz zur konstruierten Verbindung und fahre mit Schritt 2 fort

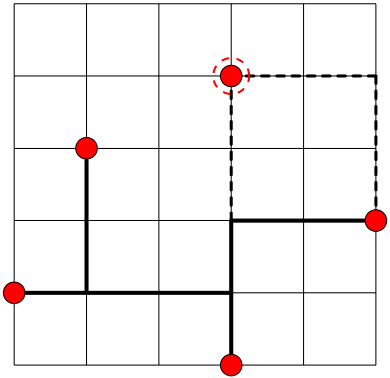
Single-Net Routing



Konstruktion des Steinerbaums:

1. Finde Terminale mit minimaler Manhatten-Distanz
2. Konstruiere die kürzesten Verbindungen (bounding box)
3. Wähle die Verbindung, welche den geringsten Abstand zu einem der anderen Terminalknoten hat
4. Finde Terminale mit minimaler Manhatten-Distanz zur konstruierten Verbindung und fahre mit Schritt 2 fort

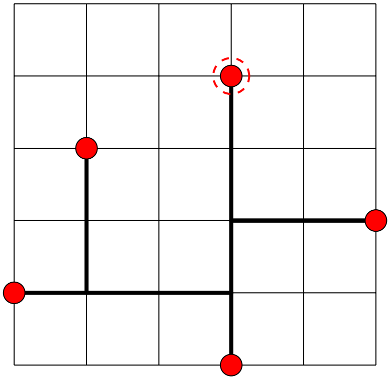
Single-Net Routing



Konstruktion des Steinerbaums:

1. Finde Terminale mit minimaler Manhatten-Distanz
2. Konstruiere die kürzesten Verbindungen (bounding box)
3. Wähle die Verbindung, welche den geringsten Abstand zu einem der anderen Terminalknoten hat
4. Finde Terminale mit minimaler Manhatten-Distanz zur konstruierten Verbindung und fahre mit Schritt 2 fort

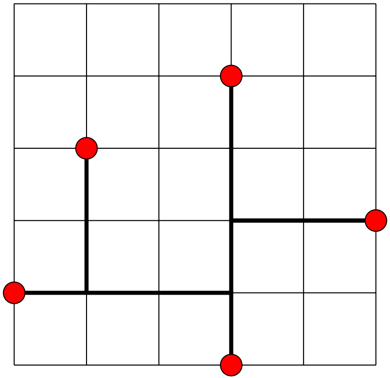
Single-Net Routing



Konstruktion des Steinerbaums:

1. Finde Terminale mit minimaler Manhatten-Distanz
2. Konstruiere die kürzesten Verbindungen (bounding box)
3. Wähle die Verbindung, welche den geringsten Abstand zu einem der anderen Terminalknoten hat
4. Finde Terminale mit minimaler Manhatten-Distanz zur konstruierten Verbindung und fahre mit Schritt 2 fort

Single-Net Routing



Konstruktion des Steinerbaums:

1. Finde Terminale mit minimaler Manhatten-Distanz
2. Konstruiere die kürzesten Verbindungen (bounding box)
3. Wähle die Verbindung, welche den geringsten Abstand zu einem der anderen Terminalknoten hat
4. Finde Terminale mit minimaler Manhatten-Distanz zur konstruierten Verbindung und fahre mit Schritt 2 fort

Fragestunde

Nächste Woche: Kein Übungsblatt –> Zeit für Wiederholung + Fragen. Bitte gib in der Umfrage unten an, welche konkreten Themengebiete wir behandeln sollen

https://tinyurl.com/era-fragestunde

Ein Teil der Folien stammt aus dem Foliensatz von Niklas Ladurner. Die Slides zur Registerallokation wurden von Bjarne Hansen übernommen. Vielen Dank dafür!